# Entrenadores Inteligentes para la Enseñanza del Análisis Numérico en Carreras de Ingeniería.

Lic. Ernesto Roberto Fuentes Garí *, Lic. Franklin Pérez González **, Dr. Giraldo Valdés Pardo ***
* Dpto. Matemática Aplicada y Computación, Universidad de Cienfuegos, Cuba
** IPVCP Cumanayagua. Cienfuegos. Cuba.
Email: {gari, fperez} @ucf.edu.cu
*** Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara , Cuba

## 1. Introducción

Para la enseñanza del Análisis Numérico en nuestro departamento hemos utilizado entre muchos otros programas de computadoras software educativo (SEACC) desarrollado en las Universidades Cubanas: Universidad de Cienfuegos, Universidad de Matanzas y Universidad Central de Las Villas [1].

Con la utilización de tales programas, se obtuvieron buenos resultados. Sin embargo al resultar sistemas de EAC de tipo convencional, no permiten conocer la naturaleza de los errores de los alumnos ni ofrecer una retroalimentación apropiada, entre otras dificultades y por tanto nos dimos a la tarea de diseñar sistemas de apoyo a la enseñanza que incorporen técnicas de Inteligencia Artificial.

## 2. Desarrollo

La figura 1 muestra la arquitectura general de los entrenadores, la cual es una variante de la propuesta por Hartley y Sleeman [2]. Esta consiste en los siguientes módulos: módulo experto, catálogo de ejercicios y problemas, interfaz de usuario, utilidades, catálogo de explicaciones y preguntas, modelo del estudiante y glosario de términos.

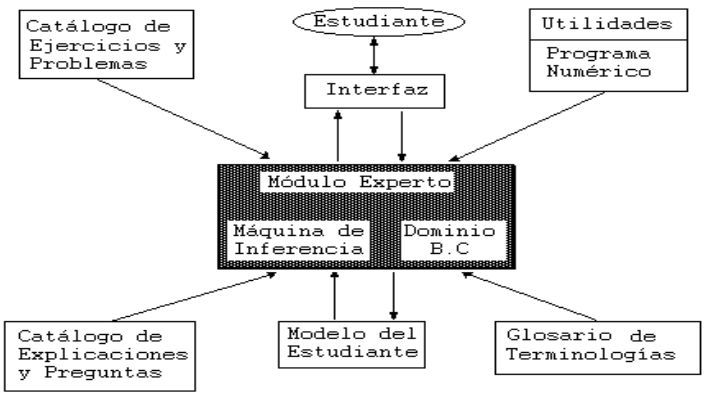


*Figura 1*. Arquitectura Básica de los entrenadores

El módulo experto se encarga de dotar al sistema con un comportamiento inteligente. Este módulo incluye la máquina de inferencia (en este caso MISE) y la base de conocimientos. La máquina de inferencia emplea la orientación hacia un objetivo fijo (goal-driven) y el encadenamiento hacia atrás (backward chaining) como métodos de solución de problemas y la base de conocimientos representa el dominio objeto de estudio. El conocimiento se representa mediante un conjunto de reglas de producción del tipo "Si P entonces Q" en combinación con armaduras (frames) [3].

El catálogo de explicaciones y preguntas almacena todas las posibles explicaciones, sugerencias, así como diferentes mensajes y preguntas, que podrán ser presentadas al estudiante durante una sesión de trabajo. Algunas de estas pantallas pueden contener referencias a cadenas de texto que se generan durante la ejecución y que eventualmente se sustituyen por su contenido real, de acuerdo con el estado del sistema.

El catálogo de ejercicios y problemas almacena ejercicios o problemas básicos con un nivel de dificultad similar.

Las utilidades tienen la función, como su nombre lo indica, de realizar acciones importantes como pueden ser: seleccionar y presentar una pregunta o un problema (get_frame.exe y doframe.exe), preparar los datos de un problema para ser procesados por el programa numérico correspondiente que se utilice y que por lo tanto depende del entrenador, así como registrar resultados de la evaluación, manipular archivos para el intercambio de información entre la máquina de inferencia y los demás programas, etc.

El glosario de términos permite el acceso a términos propios del tema o que puedan tener relación con el mismo y que puedan facilitar la labor del alumno durante una sesión de trabajo. Aquí se incluyen conceptos que son comunes a todos los entrenadores, como por ejemplo: error, error absoluto, error relativo, cifras decimales exactas, proceso iterativo, función, etc.

Mediante el modelo del estudiante se establece una representación del estado del aprendizaje del estudiante. Se parte de un estudiante hipotético, de rendimiento promedio, que debe ser capaz de responder ante un mínimo de preguntas elaboradas a partir de los núcleos básicos de contenidos relativos al tema (objetivos instructivos) y que han sido establecidos a partir de la experiencia de los profesores que imparten o han impartido el Análisis Numérico en nuestro Departamento.

El modelo incluye tres componentes: datos personales del alumno, plan instructivo (general y específico) y la historia de actuación del alumno.

La estrategia tutorial (en cada entrenador) comienza seleccionando un ejercicio del catálogo de ejercicios y problemas, lo presenta al alumno. De esta forma comienza el diálogo con el estudiante mediante preguntas seleccionadas desde el catálogo de explicaciones y preguntas, con el objetivo de establecer su nivel de dominio del tema. Una vez concluido el diálogo en el aspecto teórico, el estudiante recibe un resumen cualitativo de su actuación hasta ese momento. La última actividad es dar solución al problema mediante el programa numérico correspondiente.

Los entrenadores se aplicaron en cuatro ocasiones durante los cursos 94-95, 95-96 y 96-97: la primera con 28 estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, la segunda con 25 estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, la tercera con 21 alumnos y la cuarta con 17 alumnos, nuevamente de la carrera de Ingeniería Industrial. En ambas carreras se imparten los contenidos de Análisis Numérico en el segundo año: Ingeniería Industrial en el segundo semestre e Ingeniería Mecánica en el primer semestre.

Para la evaluación de la efectividad de los entrenadores, se diseñó el siguiente experimento. Para el caso de las tres primeras aplicaciones, al existir un grupo único de clases, se seleccionaron dos sub-grupos: uno de muestra y el otro testigo. La muestra se escogió aproximadamente igual a la mitad del grupo, teniendo en cuenta que en cada sub-grupo se distribuyeran equitativamente los alumnos según el sexo, el índice de aprovechamiento y la procedencia. Con el grupo muestra se utilizaron los tres entrenadores, mientras que con el grupo testigo se utilizó el sistema tradicional de actividades docentes. Es decir, que ambos subgrupos recibieron conjuntamente las conferencias, mientras que las actividades de laboratorio en el subgrupo testigo se realizaron utilizando software educativo convencional y en el grupo muestra se utilizaron los entrenadores. Se deseaba establecer si existía diferencia en el aprovechamiento de los alumnos que recibiesen las clases utilizando los entrenadores con respecto a los que utilizaran software educativo convencional en las actividades de laboratorio.

El siguiente paso fue repetir la experiencia realizada en las tres primeras aplicaciones, pero esta vez con todos los alumnos del grupo, para corroborar el efecto de la utilización de los entrenadores con todos los alumnos.

Al concluir el experimento se realizó la evaluación final de la asignatura, cuyos resultados se tomaron en cuenta para el análisis final.

Se escogió la prueba “U” de Mann-Whitney para establecer la diferencia entre los resultados (evaluación final) de ambos sub-grupos (en cada grupo), por el carácter independiente de éstos y la escala ordinal de la variable “nota final”. La hipótesis de nulidad plantea la igualdad en los resultados y la hipótesis alternativa lo contrario. Se escogió la variante de 2 colas, utilizando el nivel de significación de 0.01.

Los resultados arrojaron que existe diferencia significativa entre los resultados de los grupos de control y experimental en el caso de los estudiantes de Ingeniería Industrial del curso 95-96 y los del curso 94-95, no así en el caso de los estudiantes de Ingeniería Mecánica del curso 95-96 lo cual se puede explicar por factores adicionales como son: recibir las clases bajo un sistema docente diferente y recibir las clases con otro profesor.

Además se aplicó la prueba de Rangos de Wilcoxon (Wilcoxon Matched - Pairs Signed - Ranks Test) para verificar la existencia o no de una mejoría en la categorización inicial de B, R y M dada a los estudiantes (por el profesor de Matemática) antes de iniciar el experimento, después de concluido éste.

Los resultados arrojaron la no existencia de una mejoría significativa en la categorización de los estudiantes de Ingeniería Industrial (95-96) e Ingeniería Mecánica (95-96), mientras que en los casos de Ingeniería Industrial (94-95 y 96-97) si se aprecian mejorías significativas en las notas finales con respecto a la categorización inicial, para niveles de significación de 0.10 y 0.05 respectivamente.

Como se señaló antes, todos los estudiantes se sometieron al mismo sistema de clases y solo se dividieron en el caso del laboratorio. Con los estudiantes trabajaron dos profesores experimentados, uno a cargo de Ingeniería Industrial y el otro en Ingeniería Mecánica.

## 3. Conclusiones

- Al utilizar entrenadores inteligentes, los estudiantes muestran un nivel de motivación superior en el proceso de enseñanza y aprendizaje con respecto a cuando se utilizan sistemas convencionales de EAC.
- La utilización de entrenadores inteligentes activa el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Los entrenadores inteligentes ofrecen posibilidades de retroalimentación imposibles de lograr con sistemas convencionales de EAC.
- La utilización de entrenadores inteligentes incrementa el nivel de individualización en las tareas de los estudiantes. Varios estudiantes pueden resolver diferentes problemas de forma simultánea asistidos por la computadora y pueden recibir tutoría de acuerdo a la base de conocimientos.

**Referencias.**


1. Fuentes, Roberto. "Entrenadores Inteligentes para la Enseñanza de Temas del Análisis Numérico. Perspectivas" . Memorias de V congreso de la Sociedad Cubana de Matemática y Computación. Universidad Central de Las Villas. Julio 15, 1994.
2. Micarelli, A. y otros. SAMPLE: An Intelligent Educational System for Electrical Circuits. Journal of Artificial Intelligence in Education. Vol. 2 , No. 3, 83-99, 1991.
3. Ronda, D. Sistema de Enseñanza dirigido por bases de conocimiento. Manual de Usuario. Departamento de Ciencia de la Computación. Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba, 1991.

URL: http://chico.inf-cr.uclm.es/siie2000